



TITLE:

Study of Dust-Torus Properties around Supermassive Black Holes(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Ichikawa, Kohei

CITATION:

Ichikawa, Kohei. Study of Dust-Torus Properties around Supermassive Black Holes. 京都大学, 2015, 博士(理学)

ISSUE DATE:

2015-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k18796>

RIGHT:

許諾条件により本文は2015/10/01に公開

(続紙 1)

京都大学	博 士（理 学）	氏名	市川 幸平
論文題目	Study of Dust-Torus Properties around Supermassive Black Holes		
(論文内容の要旨)			
<p>近年の観測から、銀河の中心には超巨大ブラックホール（supermassive black hole; SMBH）が存在し、その質量と母銀河の諸性質に強い相関があることが分かってきた。この事実は、銀河とSMBHが共進化を遂げてきたことを示唆している。その共進化のまっただ中にいるものが、活動銀河核（Active Galactic Nuclei; AGN）である。AGNは、中心SMBHへ降着する物質の重力エネルギーを解放することで非常に明るく輝いており、SMBHの成長過程を理解するために欠かせない観測対象である。AGNの中心にはSMBHがあり、その周りを「塵トーラス」がドーナツ状に囲んで存在することが知られている。しかし、このトーラスは空間的に非常にコンパクトなため、観測による空間分解は困難である。いっぽう、理論的にはいくつかのトーラスモデルが提案されており、それにより予測される諸性質は異なっている。市川氏は、このトーラス構造を観測的に制限を与えることを主眼におき、以下の研究を行った。</p> <p>第二章では、理論的に提案されているトーラスモデルへの観測的な制限を与えた。そのためには、吸収にバイアスされないAGNサンプルを用いることが必要不可欠である。そこで、Swift衛星BAT検出器による10 keV以上の硬X線で選択されたAGNカタログを親サンプルとして用いた。これと、AKARI、IRAS、WISE衛星による全天赤外線カタログとマッチングを行うことで、135天体中128天体というほぼコンプリートなX線・赤外線カタログを作成した。このサンプルに対して、中間赤外線光度と硬X線光度の相関を調べたところ、吸収されていないAGN（1型）と吸収されているAGN（2型）がほぼ同様の光度相関を示し、トーラスからの中間赤外線放射がほぼ等方的であることが明らかになった。この結果は、AGN種族によって赤外線光度が大きく変わるとされる一様トーラスモデルでは説明できず、クランプトーラスモデルを強く支持する。</p> <p>第三章では、クランプトーラスモデルを実際の観測データに適用することで、トーラスの詳細な幾何構造を調査した。申請者はクランプトーラスモデルを、実際の高空間分解能観測で得られたトーラスの赤外・可視スペクトルに適用することで、広輝線領域（Broad Line Region; BLR）が見つかっていない2型AGN（NHBLR）と見つかったAGN（HBLR）のトーラスの構造を比較した。その結果、NHBLR AGNはHBLR AGNと比べてトーラスにより深く埋もれており、BLRの散乱領域が非常に小さくなっているだけでなく、散乱されたBLR輝線がトーラスに遮られることで、検出確率が低くなっているという可能性を指摘した。</p> <p>第四章では、近傍の赤外線銀河をサンプルとして、AKARI衛星で得られた赤外線スペクトルによる塵に深く埋もれたAGNの診断法を提案している。詳細なスペクトル解析により、埋もれたAGNを発見するだけでなく、その光度を定量的に見積もることも可能となった。その結果、AGNの存在率および光度への寄与は、赤外線光度が大きいほど大きいことが分かった。また、近傍宇宙でのAGNによる全赤外線光度への寄与はたかだか20%であり、大半は星生成由来であることが示された。本診断法は、将来のJWST計画において、より遠方の銀河に対して応用可能である。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、AGNの成長を理解する上で重要な「塵トーラス」に着目し、まだ未解明な部分の多いその性質を観測的に明らかにすることを目的としている。市川氏は、X線および赤外線観測データを駆使することで、以下の新たな知見を得ることに成功している。

第二章は、吸収に対して最もバイアスの少ない硬X線で選択されたAGNカタログを用い、それと複数の中間赤外線カタログとマッチングを行うことで、AGNの種族ごとに中間赤外線とX線の光度相関を調査している。その結果、1型AGNと2型AGNが、同じ相関関係に乗ることが示され、提案されているトーラスモデルのうち、一様トーラスモデルは棄却され、クランプトーラスモデルが支持された。同様の結論は少数の近傍AGNを用いてすでに指摘されていたものの、今回の研究で、より多数の、統計的にコンプリートなAGNサンプルを用いて、この結果を確立した意義は大きい。

第三章では、上で確立したクランプトーラスモデルを、実際の観測データに適用することで、詳細なトーラス幾何構造の調査を行っている。AGNの統一モデルでは、すべてのAGNに広輝線領域 (BLR) が存在すると仮定されているが、実際には2型AGNのおおよそ半分にしか、BLRの存在は確認されていない。このような種族において、本当にBLRが存在しないのか、BLRは存在しているがトーラスの幾何構造のために観測が困難なのか、決着がついていなかった。市川氏は、Gemini望遠鏡で観測された近傍AGNの中間赤外線スペクトルを用い、そのスペクトルにクランプトーラスモデルを適用することで、トーラスの詳細な幾何構造を定量的に求めた。その結果、BLRが見つかっていないAGNは、BLRが見つかっているAGNと比べて、トーラスの覆う立体角がより大きく、SMBHが深く埋もれていることを示した。つまり、BLRの検出確率は、トーラスの幾何構造に強く依存することを明らかにした。これはAGN統一モデルを支持する結果で、今後、BLRのないAGNの大型望遠鏡での追観測を強く推進する結果となっている。

第四章では、X線を用いても発見することが困難だった、塵に深く埋もれたAGNの発見を報告している。市川氏は、多数の近傍赤外線銀河の近赤外スペクトルに対して、複数の連続成分および輝線・吸収線構造からなる精密なスペクトルモデルを当てはめた。その結果、高光度赤外線銀河で埋もれたAGNが普遍的に存在するという、過去の結果と矛盾しない結果を得た。本手法は、埋もれたAGNの赤外線光度も同時に求められるという利点があり、それにより、全赤外線光度のうち、埋もれたAGNの光度の寄与はたかだか20%で、大半は星生成由来であることを初めて明らかにした。本診断法は、将来赤外線天文衛星のデータにも適用可能であり、今後の研究方向の一つを示した重要な成果であると評価できる。

これらの成果は、いずれも世界最先端の研究結果であり、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成27年1月16日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： 年 月 日以降